

# BEST AVAILABLE COPY

Our ref: 2000FJ530-1 ids

**Abstract** This report describes about a rule for producing a structured description that represents each fingerprint and about a fingerprint matching method using thus produced structured descriptions. Our objective is to reproduce, in a form of a description, topological features uniquely associated with each fingerprint. For this objective, we assumed each fingerprint as an arrangement of connection components associated with papillary ridges and represented features uniquely associated with a fingerprint by a description comprising a structured set of adjacency relations between connection components, relative positions of papillary ridges constituting each connection component and shapes of respective papillary ridges. The structured description proposed in this report uses features associated with each shape, being independent of position coordinates and exemplified by features such as a ridge length and a ridge cord length, assigns numerical numbers to ridges and minutiae and describes, using thus assigned numbers, graphical features such as connection relations and adjacency relations among the ridges and minutiae so that the thus produced structural description is not affected by a distortion comprising those of various kinds such as rotational and sliding distortions associated with a fingerprint. The fingerprint matching method proposed here, on the other hand, makes ridge length comparison the basic tool for a match determination so that it becomes unnecessary to perform a position-matching process between registered and specimen fingerprint of each match-examined pair, which is required when performing a match determination according to any prior art method. We have, further, demonstrated fundamental capabilities of this approach by applying this method to some simple simulation fingerprints.

**Key words:** individual identification, fingerprint image, feature extraction, matching, image processing

THIS PAGE BLANK (USPTO)

論文

## 幾何学的特徴による指紋画線の構造記述と照合方式の提案

A Proposal of Description Method of Fingerprint Structure and  
Identification Algorithm Using Geometric Characteristics  
Michio YAMADA<sup>†</sup>, Member, Akhisa KODATE<sup>†</sup>, Associate Member  
and Hideyoshi TOMINAGA<sup>†</sup>, Member

あらまし 本文文では、相殺記録の構成記述方式とそれ用いた累合方式について述べる。提案する構成記述方式は、指紋のトポロジカル特徴の位元を考慮し、指紋画像を階層の連続成分が配置されたものととらえ、指紋の特徴を連結する部分の隣接関係、連結成分内で正確な相互の位置關係および階層自身の形状特徴に構造化して記述するものである。隣接の長さや階層の深さ等で表される、位置關係に不依存関係などのツリーパターンを用いて、階層とマニューラーに番号を付け、それを用いて、階層とマニューラーの階層記述情報を構成する形態を特徴とする。また、複数する場合分けは、階層の大きさによる列記付けを基本とし、併記方式で不可欠であった登場／入力相殺の隸屬による位置分け処理が不要となるものである。簡単なシミュレーション実験を行い、提案方式の基本的な有効性を確認した。

1. まえがけ

指紋は、万人不同、终生不変の性質を有し、本人を識別する上で最も有効な身体的特徴の一つであると考えられており<sup>1)</sup>、これまで数多くの研究および実用システムの開発が行われている。

指紋照合を利用したシステムは、入退室管理等における1対1の本人確認処理、印鑑検査等における1対Nの指紋検索処理が一般的である。これまでに提案されている本人確認のための指紋照合方式は、利用する情報によって三つの方式に大別できる<sup>2)</sup>。それらは、筋線(Ridge)の流れの方向を量子化した筋線方向データを主に用いる方<sup>3)</sup>、筋線の方向あるいは密度でデータを主に用いる方<sup>4)</sup>、筋線の座標位置、方向からなる特徴マニューシャ(Minutiae)の座標位置、方向からなる特徴データを用いる方<sup>5)</sup>などマニューシャを含む領域全体の指紋画像のパターンマッチングを行う方法<sup>6)</sup>である。一方、指紋検索においては、リレーショント呼ばれるマニューシャ間を繋ぐ筋線の本数をコード化

これら従来方式は、採取した指紋の入力图形を位置座標に依存した手法で構造解析をしており、登録指紋情報と入力指紋情報の位置ずれ(平行移動と回転等)が照合結果に大きな影響を及ぼすため、一定範囲内の架空による位置合わせ処理が心臓となる。この問題に対し、従来よりさまざまな工夫がなされ、ハードウェア機能と共にアルゴリズムの工夫や、指固定ガイドにより入力時の位置ずれを最小限に抑えるという対策がとられる。このような工夫をする技術的的条件は、している。このような工夫をする技術的条件は、システムの一般化を図るときにはできるだけ解放され、ることが望ましい。特に、ICカードの利用者認証を指紋を用いて行う場合の、カードと入力装置の一体化のためにもこれらの制約条件がない手法が求められる。

二

School of Science and Engineering, Waseda University, Tokyo  
169 Japan

報告することにある。また、指紋画像の構造化述法とその抽出処理について述べ、照合アルゴリズムを説明

（文） 機械学習の視覚認識による機器監視の実現と開拓的な技術開発  
し、その方法でコンピュータシミュレーションにより  
要領について調べる。  
指紋画像のマニューバー及び輪郭に対応すると考  
えられる。そこで、指紋画像に対して、指紋輪廓行列

$M = (m_{ij})$  とマニューラル操作行列  $A = (a_{ij})$  を以下のように定義する。図 2 に  $M$  および  $A$  の一例を示す。

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & マニューサ i, j が 1 本の直線の両端である \\ 0 & それ以外 \end{cases}$$

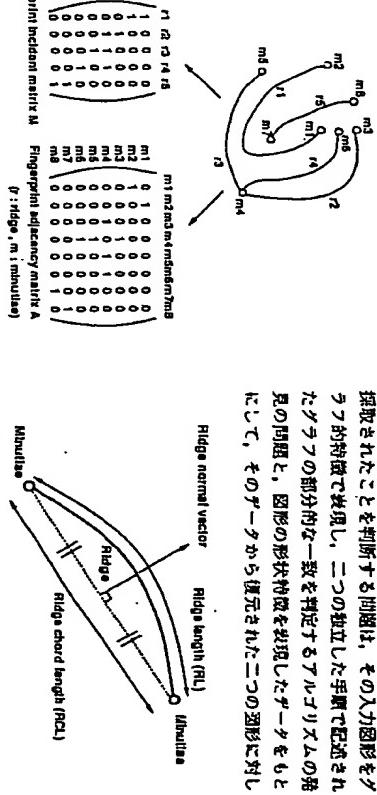
指紋画像は形状の情報が存在しているため、上記の定義に基づいて生成されたグラフは、指紋の特徴の記述

状態を示す接続行列 (Incident matrix) とノード同士の接続関係を示す隣接行列 (adjacency matrix) が一般的に用いられる<sup>101</sup>。これらのノードの接続関係によって変化が生じなければ、並大、縮小、回転によって変化しない。また、1つの路線を巡回する際の巡回回数

しかし、もし、1つの問題を図1の「シルエット」一つのマニューシャのみをその両端にもつ体積と定義すると、グラフにおけるノードおよびリンクは、それぞ

0	minimise	
ridge	03	
$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$

Hoge rechten.



**Fig. 2** Fingerprint incident matrix and fingerprint adjacency matrix.

て回転、平行移動等を行って置ね合わせることによる、一致の度合を評価する手法の問題に分離して考えられ

問題が主となる。

指紋画像の特徴をグラフで表現した場合、グラフ構造を確定し、それを記述する指紋接続行列およびマニューチャル接続行列のデータ記列の仕方が、換算アルゴリズムにおける処理時間の短縮に重要である。これらの行列の要素の配列の順序を一定の規則に従うことが望ましい。

そこで、ここでは、距離比、距離公差、距離誤差によって、シート上で表示される形状的特徴を利用し、距離をよりまとめてシーケンスに番号（それぞれ RN、RN<sub>1</sub>）を付与することで、位置づけに依存しない一連の特徴行列を生成する。すなわち、壁紙に付しては、壁紙長の大きい順に番号を付ける。但し、等しい壁紙長をもつ複数が存在する場合には、壁紙長の大きい順に番号を付ける。一方、マニューシャに対しては、小さい番号をもつ壁紙の両端をつなぐマニューシャから順に番号を付ける。併し、1本の壁紙は両端に二つのマニューシャをもつため、上記手順ではマニューシャのペアに対して番号付けが行われるに過ぎない。そこで、壁紙長掛ヘクトルが垂直上方方向を向くように、回転により壁紙を正規化した場合、左側のマニューシャに対して若い番号を付与する。分歧点に対しては、最初に付与された番号を保持する。図 4 に壁紙とマニューシャに対する番号を付け手順の概念を示す。

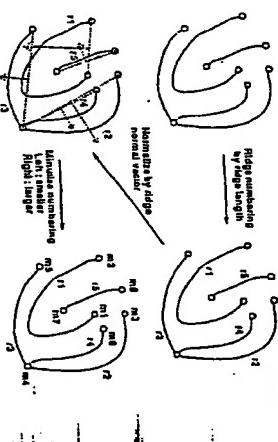


図4 藤枝式よりヤニューサの番号付け手順の概念

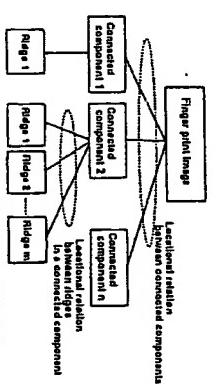
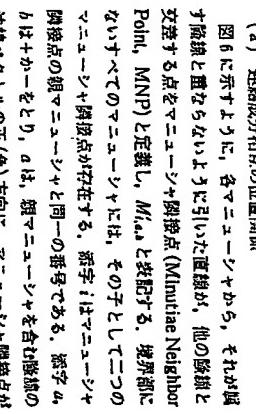


図5 指紋画像の層構表現  
Fig. 5 Description of fingerprint image structure.

化した場合、左側のメニューに對して若い番号を付与する。分歧点に対しては、最初に付与された番号を優先する。図4に陸線とメニューに對する番号を付け手順の概念を示す。

指紋識別を応用した画像は、指紋のトポロジカルな特徴を十分含んでいる。ここでは、指紋特徴抽出法に基づく可能であり、位置情報を利用しない構造化画像について述べる。

螺旋である。



は十か一をとり、のは、親マニューシャを含む階

る。ナガハラ、マニューシャは端子であり、陰線は配線に相当する。ここで扱う問題は、端子の名前と座標位置の情報とそれを結ぶ印加経路の情報の表現に相当する。マニューシャの座標位置を图形中で決定される。

(b) 連続成分内の位置關係  
以上のマニューシャ脚接点に関する情報は、各経路ごとに位置関係として記述される。図6に位置関係の記述例を示す。

とマニューシャノ接点の開閉は、復元時に遮断が実現されないように、ゴムのように伸び縮みして決定される。以上のマニューシャノ接点に関する情報は、各端子とに遮断時間情報を記述される。図6に遮断時間情報を示す。

(b) 遮断成分内の位置関係

遮断成分内に分岐点が存在する場合は、その中のどの遮断相互の位置関係を記述する必要がある。そこで、各分岐点に対して、それを端点としている遮断を順回りに調べたときの遮断の番号と方向 $c$ を分岐点ごとに情報として記述する。方向 $c$ は遮断法線ベクトルが針回り方向と一致している場合に+、逆方向の場合-とする。分岐点はいわゆるちようつがいとしての割を果たし、遮断相互の角度は復元時に遮断が交差しないように決定される。分岐点情報の概念と記述例を図7に示す。

◎ 亂世之亂

標の左端を原点、距離軸を  $x$  軸とする直交座標系における、有意味  $SP$  の差分座標  $(dx, dy)$  とフーリエタル次元の値  $(d)$  からなるリンク情報  $B(dx, dy, d, f)$  を記述する。図 9 に、離散の形状特徴の配列例を示す。離散形状は上の二つの特徴に比較して、いわゆる針金のように固定的に記述される。

以上のように、指紋画像の構造を離散化情報(ゴム)、分岐点情報(ちょうづかい)および離散形状特徴(針金)により記述する。すなわち、針金のように固定的に形状が保存されている離散が、分岐点においてちょっとがいのよう前に一定の自由度を持たし、それぞれの離散が伸び縮みする見えないゴムで結ばれて記述されるという考え方で記述する。

正規化した脇縫を分離対角とすれば、図に示すように、脇縫が基準位置と交差しないもの( $RCN=1$ )、脇縫マニユーシャの外側で交差するもの(5~12)、両脇マニユーシャの内側で交差するもの(13~20)の計20パターンに分類される。なお、脇縫が基準位置と2回以上交差する場合は、属性番号0(その他)を与えるものとする。

に分り、両端のマニューシャを組む直線上(以前、基準直線)を、陸揚がたなだれ1回交差する場合に限るという条件のもとで分類した場合の、各属性の基本マター  
ンを示す。直線直角ベクトルが直角上方を向くよう

**Fig. 8** An example of categories of risk

ないよう决定される。分歧点情報の概念と記述例図7に示す。

陰線の形狀特徵は、陰線長、陰線改良に加え、両マニューシャの方向内で分類したときの属性番号(RCL)を記述する。図8に、マニューシャの方向角を4通り

(2) 対象端の両端メニューを繋げるメニュー

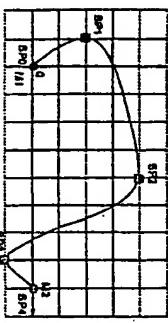


図 9 脊形状特徴の記述例  
Fig. 9 An example of description of ridge shape characteristics.

シャの接点を、陸塊間隔より求め、複マニューサヤから陸塊の平均面積密度離れた位置に仮配置する。

(3) 着目陸塊上にマニューサヤ接点を子として、マニューサヤを、陸塊間隔より求め、着目陸塊上の位置の点から、陸塊の平均面積密度離れた位置に仮配置する。

(4) 仮配置されたマニューサヤ離点およびマニューサヤを含む陸塊を、陸塊間隔により求め、陸塊形状情報を用いて後元し、復元疊掛相互の交差がないよう仮配置する。ここで、マニューサヤ接点を含む陸塊を仮配置する際は、その陸塊上の位置の点をマニューサヤ假接点とする。

復元手順(1)および(4)において、陸塊上にマニューサヤ接点が2個以上ある場合には、マニューサヤ接点の位置が分離されるよう、接点の位置が保たれるよう、接点情報を用いて後元し、復元疊掛相互の交差がないよう仮配置する。

(5) 着目陸塊のマニューサヤが分離点の場合、接点の位置を陸塊形状情報を用いて後元し、分離点情報を用いて仮配置する。

こうして復元された陸塊を、新たな着目陸塊として新しい上記の手順を繰り返すことで、指紋全体の陸塊情報を復元する。復元の途中で陸塊の交差が繋がれない場合には、既に仮配置されている陸塊のゴムの位置や長さおよびつがいを陸塊する。復元手順(3)において、短い陸塊から配置し始める理由は、復元手順(3)において仮配置されるマニューサヤの、配置の自由度を小さくすることで、復元過程における修正処理の手間を少なくするためである。

また、このような手順で復元された指紋画像は、原画像と比較して識別劣化は認められるものの、トポロジ

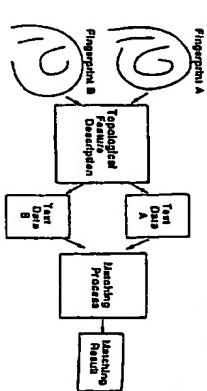


図 10 特徴記述データによる場合の概念  
Fig. 10 Concept of identification by feature description data.

シカルな特徴は保存されるため、目視確認のために十分な圖質であると考えられる。但し、シミュレーションによる復号圖質の視覚的定性的評価は今後の課題にゆだねる。

### 3. 特徴記述情報による照合方式

#### 3.1 照合方式の概念と実験的概要

図 10 に示すように、2.3 で述べた指紋の特徴を記述したデータ同士を比較して照合を行い、指紋画像の一一致/不一致を判定する。照合処理は、陸塊長および陸塊数による陸塊の対応付けを基本とし、対応付けられた陸塊の分布を指紋固有上で確認することにより行われ、以下に導ける三つの処理から構成される。

(1) 陸塊長および陸塊密度による陸塊の対応付け

(2) 両端マニューサヤの接点、マニューサヤ接点を含む陸塊相互の対応関係、陸塊の属性等による一致確認

対応付けられた陸塊ペアに対し、上に導いた特徴情報の一致を確認することで、認証用の陸塊ペアを選び落とす。これらの特徴情報の例を図 11 に示す。図中、NIRN はマニューサヤ接点が属する陸塊の番号を示す。同時に最適な特徴記述データの選定は今後の課題にゆだねる。

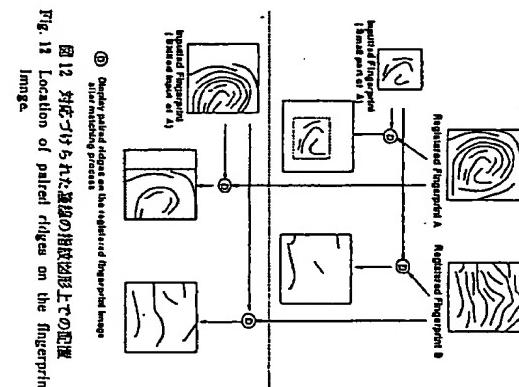


図 11 黒板に用いる特徴データの例  
Fig. 11 An example of fingerprint feature data.

領域を個人ごとに秘密に指定することで、暗証番号のような鍵情報として利用することができる。  
一方、検索処理に適用した場合には、検索用指紋が一部しか得られない場合でも、陸塊長および陸塊密度を後素縦として比較することで、指紋データベースから各場にリストアップすることができる。採取された指紋には指紋全体が十分に得られる場合は少しく、本方式がもたらすメリットは大きい。また、從来方式では密索縦情報としてのマニューサヤは單方向のオペレータの手作業により抽出されているが、本方式によれば、検索縦としての陸塊長および陸塊密度を抽出する処理は、画像処理により自動化される。

### 4. シミュレーション実験

#### 4.1 照合のための照合手順

陸塊長および陸塊密度による陸塊の対応付けを基本とする照合方式の論理的な検証を行うために、シミュレーション実験を行った。但し、ここでは陸塊長および陸塊密度に加え、トポロジカル特徴を表す一特徴量であるマニューサヤ角距離とマニューサヤの方向角を用いて、以下に示す三つの Step からなる照合手順により検証した。

[Step. 1] 陸塊長および陸塊密度による陸塊の対応付け  
[Step. 2] マニューサヤの相対的位置関係による黒板照合実験に必要な特徴情報は、陸塊長、陸塊密度、面積マニューサヤ番号、マニューサヤの位置座標およびマニューサヤ角度である。但し、マニューサヤの角度  $\theta$  は図 10(a)に示すように、端点に對しては  $\theta$  は反方向と接線接線が直角であり、分岐点においては接線接線が作る三つの角の中で、最小の角を作っている。一方、不一致指紋の場合には、直って対応付けられた陸塊が、入力指紋の形状とは無関係に表示されることがある。なれば、図 12 は、入力指紋が一部のみ採取できた場合および位置ずれが大きな場合における、照合による陸塊の対応付けのイメージを表している。

#### 3.2 提案方式の特徴

アップされた入力指紋と一致する指紋を判定する必要があるため、图形として表現された全指紋をリスト化する場合でも、图形として表現された全指紋をディスプレイ上に表示することが要請される。本方式では、従来の方式による目標による一致/不一致の判断も可能なことである。例えば、図 12 に示すように、照合によって対応付けられた陸塊のみを、登録指紋から抜き出して表示すると、入力指紋と登録指紋が一致している場

合には、入力指紋の形状が登録指紋図形上に反映される。一方、不一致指紋の場合には、直って対応付けられた陸塊が、入力指紋の形状とは無関係に表示されることになる。なれば、図 12 は、入力指紋が一部のみ採取できた場合および位置ずれが大きな場合における、照合による陸塊の対応付けのイメージを表している。

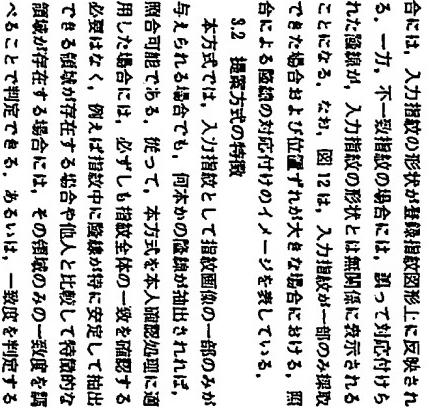


図 12 対応づけられた陸塊の指紋図形上での配置  
Fig. 12 Location of paired ridges on the fingerprint image.

合による陸塊の対応付けのイメージを表している。

本方式では、入力指紋として指紋画像の一部のみがより確認して最終的に一致する指紋を判定する必要があります。图形として表現された全指紋をリスト化する場合でも、图形として表現された全指紋をディスプレイ上に表示することが要請される。本方式では、従来の方式による目標による一致/不一致の判断も可能なことである。例えば、図 12 に示すように、照合によって対応付けられた陸塊のみを、登録指紋から抜き出して表示すると、入力指紋と登録指紋が一致している場合には、入力指紋が露出されれば、本方式を本人認証処理に適用可能である。従って、本方式を本人認証処理に適用した場合には、必ずしも指紋全体の一一致を確認する必要はない。例えば指紋中に陸塊が特に安定して抽出できる領域が存在する場合や他のと比較して特徴的な領域が存在する場合には、その領域のみの一一致を調べることで判定できる。あるいは、一致度を判定する

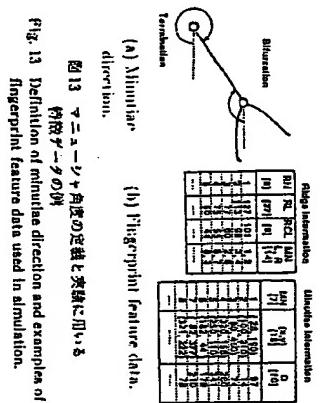


Fig. 13 Definition of minutiae direction and examples of fingerprint feature data used in simulation.

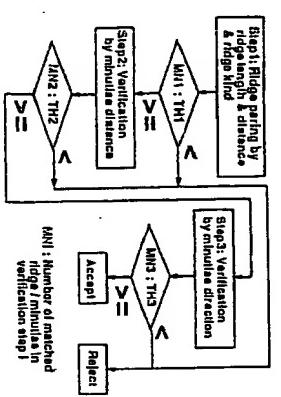


Fig. 14 指紋に沿うる輪郭判別法の概要

Fig. 14 Concept of verification processes in simulation.



Fig. 15 Step 1における輪郭の対応づけの概念

Fig. 15 Concept of ridge pairing in Step 1.

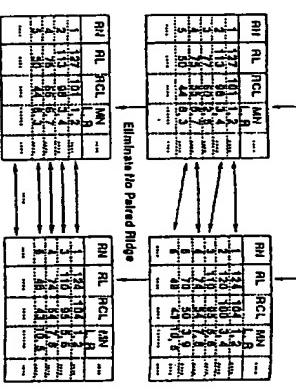


Fig. 16 Step 2におけるマニューシャ間距離による

輪合の概念

Fig. 16 Concept of verification by minutiae distance in Step 2.

#### 4.1.1 輪郭の対応づけ

Spec. 1は登録情報、入力情報の相互で輪郭長行列を比較し、以下の順序で輪郭を対応づける。

- (1) 登録情報用いて登録番号の輪郭長行列  $L$ 、輪郭距離行列  $D$ を作成する。これらの行列の要素は、登録番号の隣間に並んだ輪郭長より輪郭距離の値である。  
 $L = (l_1, l_2, \dots, l_n)$   
 $D = (d_{ij}) = (d_{ijkl}, \dots, d_{in})$
- (2) 画像処理により入力指紋の輪郭長行列  $L'$ 、輪郭距離行列  $D'$ を作成する。これらの行列の要素も、輪郭番号の隣間に並べられる。但し、 $i$ および  $j$  はそれぞれ登録番号および入力指紋から得られた輪郭の枚数を表す。  
 $L' = (l'_1, l'_2, \dots, l'_n)$   
 $D' = (d'_{ij}) = (d'_{ijkl}, \dots, d'_{in})$
- (3) 入力指紋と登録指紋相互で、輪郭長および輪郭距離が以下の 2 式を満足すると共に、両端マニュ

シャの積算が一致する輪郭同士を対応づける。  
 $\frac{|l_i - l'_j|}{l_i} < lhr$       (1)  
 $|l_i - l'_j| < lhr$       (2)

Fig. 14 指紋に沿うる輪郭判別法の概要

Fig. 14 Concept of verification processes in simulation.

4.1.3 マニューシャの角度による照合  
Step. 3では、対応づけられたマニューシャペアから、輪郭指紋と入力指紋の回転ずれを算出し、マニューシャ角の補正および輪郭を行なう。

- (1) マニューシャ輪郭行列およびマニューシャ一致行列を用いて、登録指紋および入力指紋のそれぞれにおいて、式(4)で表される各マニューシャにおけるマニューシャ間距離の範囲  $Di$  が、最も小さな値となる条件が最も小さな輪郭同士を対応づける。輪郭の対応づけの概念を図 15 に示す。
- (2) 対応づけられた輪郭のみを要素として、登録指紋のそれについて、指紋接続行列  $M$ 、  
 $M' = (m_{ij}) = (m_{ijkl}, \dots, m_{in})$  を作成する。

- (3) 対応指紋がしきい値  $Th_3$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (4) 選出されたマニューシャペアが正しく対応していれば、それらの角度の差が登録および入力指紋相互の回転ずれを表す。この値を用いて、(1)で選出されたマニューシャペアの角度を補正し、誤差がしきい値  $Th_4$  度以内となるマニューシャペアの個数を求める。

- (5) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (6) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)

- (7) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (8) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)

- (9) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (10) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)

- (11) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (12) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (13) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (14) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (15) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (16) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (17) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (18) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (19) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (20) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (21) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (22) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (23) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (24) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (25) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (26) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (27) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (28) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (29) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (30) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (31) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (32) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (33) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (34) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (35) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (36) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (37) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (38) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (39) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (40) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (41) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (42) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (43) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (44) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (45) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (46) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (47) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (48) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (49) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (50) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (51) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (52) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (53) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (54) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (55) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (56) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (57) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (58) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (59) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (60) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (61) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (62) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (63) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (64) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (65) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (66) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (67) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (68) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (69) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (70) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (71) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (72) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (73) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (74) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (75) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (76) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (77) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (78) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (79) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (80) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (81) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (82) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (83) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (84) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (85) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (86) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (87) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (88) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (89) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (90) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (91) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (92) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (93) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (94) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (95) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (96) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (97) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (98) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (99) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (100) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (101) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (102) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (103) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (104) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (105) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (106) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (107) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (108) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (109) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (110) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (111) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (112) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (113) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (114) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (115) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (116) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (117) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (118) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (119) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (120) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (121) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (122) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (123) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (124) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (125) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (126) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (127) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (128) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (129) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (130) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (131) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超える場合には、  
 $Di = \frac{1}{m_{ij}} |m_{ij} - m'_{ij}|$       (4)
- (132) 対応指紋がしきい値  $Th_4$  を超

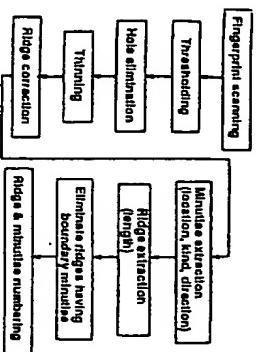


図 17 特徴データ抽出手順



(a) Ridge corrected image (b) Minutiae extraction after false ridge removal

Fig. 18 Automatic corrected Images and false ridge removed image.

シャではないため、これらのマニューシャに接続する筋線は、無効筋線として除去される。その後、筋線は隆起長の長い順に、マニューシャは接続する筋線の番号と法線ベクトルをもとに番号付けが行われる。修正済み筋画像とそこから無効筋線を除去した後にマニューシャを印で記したもの図 18 に示す。

4.3 しきい値の決定

照合実験に先立つてしきい値  $thr$ ,  $thd$ ,  $thr_i$ ,  $thd_i$  を決定する必要がある。そこで、これらのしきい値をバーチカルとし、各照合段階における正対応率 ( $P_1 \sim P_3$ ) を求めた。一組の同一指紋画像に対して、本来対応すべき筋線ペアおよびマニューシャペアの認取率を求めた。各照合段階において正対応率 ( $P_1 \sim P_3$ ) を求めた。

(1) 各照合段階において正対応率 ( $P_1 \sim P_3$ ) の組合せ 4,950 通り (同一指紋 450 枚、異指紋 4,500 枚) に対する各照合段階における正対応率 ( $P_1 \sim P_3$ ) としきい値  $thr$ ,  $thd$ ,  $thr_i$ ,  $thd_i$  を固定する仕掛けは一切用いず、被験者がモニターを見ながら実験を行つてしきい値  $thr$ ,  $thd$ ,  $thr_i$ ,  $thd_i$  を決めており、同一指紋同士ではほとんど存在しない 7 本以下にも、異指紋は分布している。従つて、この時点で対応つけられた筋線数が閾値に少ない場合には、不一致として照合を終了することができるところがわかる。

照合が進むにつれ、異指紋同士における対応マニューシャ数は 0 近辺に集中しており、対応マニューシャ数の落しの効果が確認できる。一方、同一指紋同士においても、対応マニューシャ数は少ない分布に移行する傾向があるものの、その度合は異指紋同士の場合と比較してかなり小さい。Step.3 終了時点での異指紋同士の対応マニューシャ数は、大部分が 0 ～ 4 個に存在する一方、同一指紋同士の対応マニューシャ数の分布は 3 ～ 25 個と広い範囲にわたり存在しており、適切なしきい値を設定することで、高精度の照合が行えると推察できる。

(2) 全ての指紋画像に対して、特徴量抽出処理を行い、筋線削除およびマニューシャ削除を抽出する。

(3) 100 枚の指紋画像から任意の二つを選択すべく

の組合せ 4,950 通り (同一指紋 450 枚、異指紋 4,500 枚) に対する各照合段階における正対応率 ( $P_1 \sim P_3$ ) としきい値  $thr$ ,  $thd$ ,  $thr_i$ ,  $thd_i$  を固定する仕掛けは一切用いず、被験者がモニターを見ながら実験を行つてしきい値  $thr$ ,  $thd$ ,  $thr_i$ ,  $thd_i$  を決めており、同一指紋同士ではほとんど存在しない 7 本以下にも、異指紋は分布している。従つて、この時点で対応つけられた筋線数が閾値に少ない場合には、不一致として照合を終了することができるところがわかる。

照合が進むにつれ、異指紋同士における対応マニューシャ数は 0 近辺に集中しており、対応マニューシャ数の落しの効果が確認できる。一方、同一指紋同士においても、対応マニューシャ数は少ない分布に移行する傾向があるものの、その度合は異指紋同士の場合と比較してかなり小さい。Step.3 終了時点での異指紋同士の対応マニューシャ数は、大部分が 0 ～ 4 個に存在する一方、同一指紋同士の対応マニューシャ数の分布は 3 ～ 25 個と広い範囲にわたり存在しており、適切なしきい値を設定することで、高精度の照合が行えると推察できる。

(2) 全ての指紋画像に対して、特徴量抽出処理を行い、筋線削除およびマニューシャ削除を抽出する。

(3) 100 枚の指紋画像から任意の二つを選択すべく

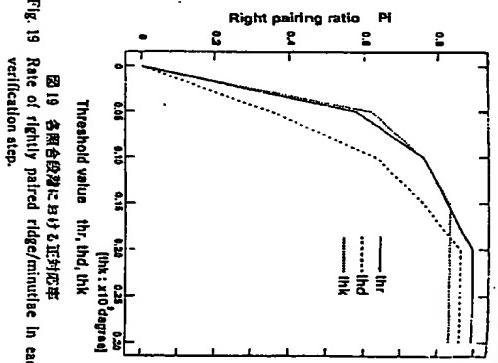


Fig. 19 各照合段階における正対応率

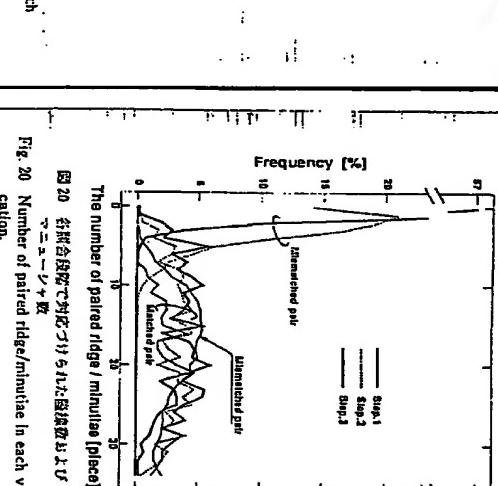


Fig. 20 各照合段階で対応つけられた筋線数およびマニューシャ数

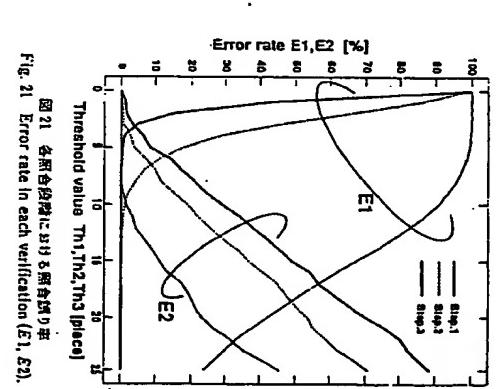


Fig. 21 各照合段階における照合誤り率 (E1, E2).

的な部分における有効性が確認された。

本論文では、入力画像の位置ずれに柔軟に対応可能な、指紋画像の構造記述方式を提案し、特徴量抽出の種類とその抽出法に関する基本的な手法および概念を整理した。提案方式は、筋線やマニューシャの接続関係で表されるグラフ的特徴情報を、筋線やその他の接続等で表される形狀的特徴を用いることで、入力の回転や斜め平行移動等の位置ずれに対応化のない特徴情報を得ることを特徴とする。また、提案する特徴記述方式を用いて、筋線による筋線の対応付けを基本とする、探査的な位置合わせ処理が必要としない照合方式を提案し、その基本的アルゴリズムの概念を整理した。そして、照合実験を通して、少ない被験者数ではあるが、提案方式のある程度の有効性を確認し、本論文では、基本アルゴリズムの提案および概念の整理とその検証にとどまつておらず、より実

3人の被験者が 1 回を 3 回入力した、計 9 回の指紋画像から得られる、9 组の同一指紋画像の组合せに対して、しきい値を可変として  $P_1$  を求めた。しきい値と

4.5 照合結果と考察

4.5.1 対応筋線および対応マニューシャの分布

照合の各段階終了時点で対応つけられた筋線および



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTC)